



FACULDADE DE DESPORTO  
UNIVERSIDADE DO PORTO

## **Ejercicio y Sensación de Posición Articular en la Rodilla**

Efecto agudo del ejercicio de calentamiento y del ejercicio intenso,  
en acciones musculares concéntricas y excéntricas

Disertación presentada para las pruebas de Maestría en Ciencias del Deporte, realizadas en el ámbito del curso de 2º Ciclo en Entrenamiento de Alto Rendimiento Deportivo, en los términos del Decreto-Ley nº 74/2006 del 24 de Marzo.

**Orientador:** Profesor Doctor José Manuel Fernandes de Oliveira

**Duilio Carughi Bonelli**

Porto, Septiembre del 2017

### **Ficha de Catalogación**

Carughi, D. (2017). *Ejercicio y Sensación de Posición Articular en la Rodilla. Efecto agudo del ejercicio de calentamiento y del ejercicio intenso, en acciones musculares concéntricas y excéntricas*. Porto: D. Carughi. Disertación de Maestría para la obtención del título de Maestría en Entrenamiento de Alto Rendimiento Deportivo, presentada a la Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palabras llave: PROPIOCEPCIÓN, EJERCICIO AGUDO, CALENTAMIENTO, FATIGA, ACCIÓN MUSCULAR CONCÉNTRICA, ACCIÓN MUSCULAR EXCÉNTRICA.

## Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico  
a mi familia por haber hecho  
posible este sueño.



## **Agradecimientos**

Quiero agradecer por la ayuda brindada para la realización de este trabajo académico, a las personas que fueron una ayuda incondicional para poder hacer realidad esta tesis:

A mi orientador el profesor Doctor José Oliveira, por su atención brindada, disponibilidad, comprensión y la transmisión de conocimiento a lo largo de este trabajo.

Al profesor Doctor André Seabra por la colaboración en la orientación.

A los Estudiantes que participaron en este proyecto, los cuales son la base de este proyecto, ya que me brindaron su colaboración, tiempo, esfuerzo y confianza.

A mi Colaborador Dr. Tiago Montanha, por toda la ayuda brindada en la recolección de datos, por su esfuerzo y disponibilidad.

A mi familia por haberme impulsado y darme el soporte para poder realizar mis sueños.

A mis amigos, por su tiempo brindado y apoyo incondicional.



## Índice general

	Página
Capítulo 1 .....	1
Introducción .....	3
Capítulo 2 .....	7
Revisión de literatura .....	9
1.-Propiocepción .....	9
1.1 Definición de la propiocepción .....	9
1.2 Modalidades de la propiocepción .....	10
2.- Importancia de la propiocepción para el performance y la prevención de lesiones .....	11
3.- Factores de influencia en la propiocepción .....	12
4.- Métodos de evaluación de la propiocepción .....	17
Capítulo 3 .....	21
Objetivos e hipótesis .....	23
Capítulo 4 .....	25
Material y métodos.....	27
1.- Diseño de estudio y procedimientos .....	27
2.- Procedimientos e instrumentos de estudio .....	28
3.- Procedimiento estadístico .....	32
Capítulo 5 .....	33
Resultados .....	35
Capítulo 6 .....	41
Discusión .....	43
Capítulo 7 .....	47
Conclusiones .....	49
Capítulo 8 .....	51
Bibliografía .....	53





## Índice de Ilustraciones y Gráficos

	Página
Ilustración 1.- Estructura de estudio para la comparación de los Resultados.....	28
Ilustración 2.- Máquina isocinética .....	29
Gráfico 1.- Porcentajes de error relativo para el ángulo de 40° .....	39
Gráfico 2.- Porcentajes de error relativo para el ángulo de 60° .....	40



## Índice de tablas

	Página
Tabla 1.- Resultados de diferentes estudios en relación al efecto del calentamiento sobre la propiocepción.....	14
Tabla 2.- Resultados de diferentes estudios en relación al efecto de la fatiga de sobre la propiocepción.....	16
Tabla 3.- Características de la muestra .....	35
Tabla 4. Comparación de medias entre los valores de trabajo total, pico de torque, coeficiente de variación y escala de dolor, para el estímulo concéntrico y excéntrico.....	35
Tabla 5.- Comparación de medias del error angular absoluto entre los momentos de reposo y post-calentamiento.....	36
Tabla 6.- Comparación de medias de medias del error angular absoluto entre los momentos post-calentamiento y post-fatiga concéntrica.....	37
Tabla 7. Comparación de medias del error angular absoluto entre los momentos post-calentamiento y post-fatiga excéntrica..	37
Tabla 8. Comparación de medias del error angular absoluto entre los valores post-fatiga concéntrica y post-fatiga excéntrica.	38
Tabla 9. Comparación de medias entre los valores del error angular absoluto de los ángulos 40° y 60° para las condiciones de reposo, post-calentamiento, post-fatiga concéntrica y post-fatiga excéntrica.....	39



## Índice de Anexos

	Página
Anexo 1. - Ficha para evaluación antropométrica.....	XIX
Anexo 2. - Protocolo de calentamiento.....	XX



## Resumen

**Objetivo:** Describir el efecto agudo de una rutina de calentamiento normalmente utilizada en deportes que llevan algún contacto con el suelo, así como observar y comparar la sensación de la posición articular de la rodilla del miembro dominante luego de realizar una exposición a estímulos de fatiga, ya sea en contracción excéntrica o concéntrica para así comparar su efecto agudo.

**Diseño:** Descriptivo, comparación de medidas repetidas e independientes.

**Muestra:** 20 sujetos con una edad media de  $19.5 \pm 1.2$ , que realizan deporte con un mínimo de volumen semanal con un intervalo de por lo menos 180 a 270 minutos repartido 3 veces por semana, los cuales fueron separados en dos grupos, grupo concéntrico ( $n=10$ ), grupo excéntrico ( $n=10$ ).

**Mediciones:** Evaluación de la sensación de posición articular (SPA) de la rodilla, de forma pasiva, a través de un dinamómetro isocinético, en tres momentos diferentes: reposo, luego de un calentamiento y a seguir de un estímulo de fatiga para el cuádriceps, ya sea en forma concéntrica o excéntrica.

**Resultados:** Las medias del error angular absoluto (EAA) en los ángulos de  $40^\circ$  y  $60^\circ$  disminuyeron de la condición de reposo para la condición de post-calentamiento, aunque apenas con significativa estadística ( $p < 0.05$ ) para la posición objetivo de  $40^\circ$  ( $8.5 \pm 4.4$  vs  $6.1 \pm 4.2$ ). Para la comparación de las medias del efecto agudo entre el calentamiento y el estímulo de fatiga no mostraron diferencias estadísticamente significativas, así mismo para la comparación de los dos modos de contracción utilizados, (concéntrico vs excéntrico) no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

**Conclusiones:** El ejercicio de calentamiento mejora la SPA. Los protocolos de ejercicio concéntrico y excéntrico, no fueron lo suficientemente intensos para inducir una fatiga neuromuscular con impórtate repercusión en el aumento del EAA como indicador de la SPA.

**Palabras llave:** PROPIOCEPCIÓN, EJERCICIO AGUDO, CALENTAMIENTO, FATIGA, ACCIÓN MUSCULAR CONCÉNTRICA, ACCIÓN MUSCULAR EXCÉNTRICA.





## Abstract

**Objective:** To describe the acute effect of a warm-up routine normally used in sports that have some contact with the floor, as well as to observe and compare the sensation of the articular position of the knee of the dominant member after exposure to fatigue stimuli, either in eccentric or concentric contraction to compare its acute effect. **Design:** Descriptive, comparison of repeated and independent measures. **Participants:** 20 subjects with a mean age of  $19.5 \pm 1.2$ , who performed sport with a minimum of weekly volume in interval of at least 180 to 270 minutes distributed 3 times per week, which were separated into two groups, concentric group ( $n=10$ ), eccentric group ( $n=10$ ). **Measurements:** Evaluation of the joint position sense (JPS) of the knee, passively, through an isokinetic dynamometer, in three different moments: rest, after a warm up and following a fatigue stimulus for the quadriceps, in either concentric or eccentric. **Results:** Absolute angular error (AAE) measures at  $40^\circ$  and  $60^\circ$  angles decreased from rest to post-warm-up, but only with statistically significant ( $p < 0.05$ ) for the target position of  $40^\circ$  ( $8.5 \pm 4.4$  vs.  $6.1 \pm 4.2$ ). For the comparison of the means of the acute effect between the warm-up and the fatigue stimulus did not show statistically significant differences, for the comparison of the two modes of contraction used (concentric vs eccentric), there were no statistically significant differences ( $p > 0.05$ ). **Conclusions:** The warm-up exercise improves the JPS. The concentric and eccentric exercise protocols were not intense enough to induce neuromuscular fatigue with a repercussion in the increase of AAE as an indicator of JPS.

**Key Words:** PROPIOCEPTION, ACUTE EXERCISE, WARM-UP, FATIGUE, CONCENTRIC MUSCLE ACTION, ECCENTRIC MUSCLE ACTION.



## Abreviaturas y símbolos

CIAFEL - Centro de Investigação em Atividade Física, Saúde e Lazer

EAA – Error angular absoluto

Con - Concéntrica

Exc – Excéntrica

Máx - máximo

Min - minutos

Mín - mínimo

SNC - Sistema Nervioso Central

SPA - Sensación de posición articular

de - desviación estándar

s. - segundos

°/s - grados por segundo



# Capítulo 1



## Introducción

El sistema propioceptivo posibilita la percepción consciente e inconsciente de diversas sensaciones, el cual contribuye para el control automático del movimiento, para el equilibrio, el control postural y para la estabilidad articular (Hiemstra et al., 2001; Ribeiro & Oliveira, 2007). La propiocepción es la capacidad del cuerpo de ubicarse en el espacio, esto lo realiza a través de los mecanorreceptores (Wang et al., 2016), los cuales están dirigidas por terminaciones nerviosas y estas tienen una gran implicancia en el deporte. Una de las modalidades de la propiocepción es la sensación de posición articular (SPA) generalmente definida como la conciencia de la posición articular, representando la capacidad de identificar o reproducir un ángulo articular durante o después de la realización de un movimiento (Hiemstra et al., 2001). En diversos deportes o actividades deportivas, la SPA es muy importante para el rendimiento en general, porque está asociada a la calidad y precisión de la técnica, así como también para la manutención del equilibrio y control postural, para así evitar movimientos anómalos o de elevada sobrecarga que presenten elevado riesgo de lesión. (Malliou et al., 2010).

Diferentes factores influyen el nivel de propiocepción (El-Gohary et al., 2016). De forma aguda, existen factores que influyen a la propiocepción de forma positiva o negativa, dentro de estos podemos encontrar a temperatura, bandas compresivas, electro estimulación y el estado muscular, denominadamente la fatiga neuromuscular, entre otras. (Aarseth et al., 2015; Bartlett & Warren, 2002; Collins et al., 2009; Fullam et al., 2015).

Ejercicios de calentamiento realizados previamente a la participación de actividades con un uso muscular intenso son reconocidos como beneficiosos para la performance, una vez que reducen la rigidez muscular, mejoran las propiedades visco elásticas de las estructuras que envuelven las articulaciones, aumentan la velocidad de conducción neural y la eficiencia metabólica (Bishop, 2003) (Fradkin et al., 2010). Por otro lado, el ejercicio intenso está asociado a la fatiga neuro muscular, expresada por la disminución de la fuerza, amplitud

del movimiento y la estabilidad articular (Brockett et al., 1997; Paschalis et al., 2007; Proske et al., 2003; Saxton et al., 1995). Adicionalmente es sabido que el ejercicio excéntrico, comparado a los realizados con predominancia de acciones musculares concéntricas, provoca una mayor disminución de la fuerza, mayor malestar muscular y necesitando tiempos de recuperación más elevados (Gonzalez-Izal et al., 2014; Grabiner & Owings, 1999; Molinari et al., 2006).

En deportes, como el tenis, futbol, vóley, baloncesto, entre otros, una de las articulaciones más ampliamente solicitada y muchas veces una de las que más lesiones presenta es la rodilla (Gescheit et al., 2017; Riva et al., 2016). Siendo así, es posible que la SPA de la rodilla en acción concéntricas y excéntrica pueda ser afectada tanto por ejercicios de calentamiento, como el ejercicio intenso fatigante. Con todo son pocos los estudios que buscan determinar las repercusiones agudas de los ejercicios de calentamiento y de fatiga muscular inducida por ejercicios intensos (en acciones musculares concéntricas y excéntricas) en la SPA (Bartlett & Warren, 2002; Bouet & Gahery, 2000; Magalhaes et al., 2010; Salgado et al., 2015; Subasi et al., 2008).

Así mismo en esta oportunidad, el estudio que soporta la presente disertación, buscamos describir el efecto agudo de una rutina de calentamiento normalmente utilizada en deportes que llevan algún contacto con el suelo, (saltos, cambios de dirección, sprint de velocidad), en la sensación de posición articular de la rodilla. En segundo lugar, vamos a observar y comparar la sensación de la posición articular de la rodilla del miembro dominante luego de realizar una exposición a estímulos de fatiga, ya sea en contracción concéntrica o excéntrica para así comparar su efecto agudo.

Hoy en día vemos cada vez más el uso de ejercicios en contracción excéntrica, los cuales están siendo más utilizados para mejorar la producción de fuerza, por lo cual creemos necesario realizar más investigación y la repercusión que puede tener a nivel físico y en esta oportunidad nos vamos a centrar en la



repercusión de un estímulo en contracción excéntrica en comparación a un estímulo fatigante de contracción concéntrica en forma aguda, sobre la SPA de la articulación de la rodilla evaluada de forma pasiva, procurando la fatiga principalmente del cuádriceps.

La presente Disertación se divide en ocho capítulos. En el primer capítulo - Introducción - buscamos introducir al lector la problemática del estudio que soporta la Disertación.

En el segundo capítulo, realizamos una revisión narrativa, buscando describir el estado de arte del conocimiento existente sobre la propiocepción, los factores que influyen y las repercusiones del ejercicio en esta capacidad y la importancia en la prevención de lesiones. También se busca describir los métodos de evaluación de la propiocepción.

En el tercer capítulo se enuncian los objetivos e hipótesis de estudio presentados en la disertación.

En seguida, en el cuarto capítulo, se describe la metodología del estudio, describiendo su diseño, los principales procedimientos y los instrumentos utilizados.

En el quinto capítulo se presentan los resultados, para en seguida, en el capítulo sexto, discutir los resultados. Las conclusiones del estudio son presentadas en el séptimo capítulo y en el octavo capítulo se muestran las referencias bibliográficas utilizadas en la disertación.



## Capítulo 2



## **Revisión de literatura**

### **1. Propiocepción**

#### **1.1 Definición de la propiocepción**

La propiocepción en su inicio fue definida por Sherrington en 1906 como “la percepción del movimiento articular o del cuerpo, bien como la posición de cuerpo o de sus segmentos en el espacio” (Sherrington, 1910) Sin embargo, esta también puede dividirse en dos elementos: la sensación de posición articular (SPA) y la sensación de movimiento articular o cinestesia (Hiemstra et al., 2001).

Ya se sabe que el cuerpo registra numerosas entradas de información (input) y cuando nos referimos al SPA, se sabe que esta integra estímulos visuales, auditivos, vestibulares, cutáneos, articulares y musculares, los cuales son recibidos por el sistema nervioso central y procesados para así poder definir el movimiento o la sensación de posición articular de forma consciente o inconsciente; toda esta información es llevada a tres niveles distintos de control motor: la medula espinal, células del tronco cerebral y centros superiores (cerebelo, ganglios basales e córtex motor) (Ribeiro & Oliveira, 2011).

Hoy en día la propiocepción está definida como el proceso de tratamiento de la entrada acumulada de información al sistema nervioso a través de terminaciones nerviosas especializadas llamadas mecanorreceptores (Ribeiro & Oliveira, 2008), las cuales se encuentran los músculos, articulaciones, tendones y piel, los cuales serán descritos de forma más profunda a continuación:

- A) Mecanorreceptores articulares: terminaciones de Ruffini, el cual se localiza en la capsula articular, las terminaciones de Golgi, localizados en los ligamentos articulares, terminaciones encapsuladas de Pacini, localizadas en el periostio fibroso próximo de las fijaciones articulares y en terminaciones libres.
- B) Mecanorreceptores cutáneos: encontramos dos de adaptación rápida (corpúsculo de Meissner y corpúsculo de Paciniano) y dos de adaptación lenta (células de Merkel y las terminaciones de Ruffini).
- C) Mecanorreceptores Musculares: son constituidos por los husos musculares (aferencias Ia), el órgano tendinoso de Golgi (aferencias Ib) y las aferencias musculares de pequeño diámetro (aferencias grupo III y IV).

Sin embargo, una vez dicho esto también es necesario tener en cuenta que la influencia de cada uno de estos mecanorreceptores puede llegar a ser diferente, siendo al parecer los receptores musculares los que contribuyen de una manera más elevada para la construcción de la propiocepción, sin embargo, el papel de los mecanorreceptores articulares y cutáneos también son de importancia para llevar a cabo dicha construcción y no deben de ser menospreciados (Ribeiro & Oliveira, 2008).

## **1.2 Modalidades**

Como podemos ver la propiocepción es una capacidad compleja la cual depende de varios factores, que también es dividido en modalidades (Ribeiro & Oliveira, 2011; Riemann & Lephart, 2002), las cuales ayudan a entender mejor la función propioceptiva.

Dentro de las modalidades de propiocepción podemos encontrar:

- a) La sensación de tensión (resistencia): esta sensación representa la capacidad de apreciación de la fuerza generada dentro de una articulación.
- b) El sentido de movimiento: esta sensación hace referencia a la capacidad de apreciación del movimiento en la articulación, la cual incluye la duración, dirección, amplitud, velocidad, aceleración y sincronización de los movimientos.
- c) La sensación de posición de la articulación: esta sensación determina la capacidad de percibir un ángulo presentado, y luego de ser alterado (movido), sea capaz de reproducir activa o pasivamente el mismo ángulo antes presentado en la articulación.

Así mismo, estas tres modalidades pueden ser apreciadas de forma consciente o inconscientemente, para así poder contribuir al control del movimiento, equilibrio y la estabilidad de las articulaciones (Ribeiro & Oliveira, 2011).

## **2. Importancia de la propiocepción para el performance y la prevención de lesiones**

Como ya hemos visto, el sistema propioceptivo se encarga de recibir diferentes informaciones mediante los mecanorreceptores, para poder localizar nuestros miembros en el espacio, para así determinar amplitudes y velocidades para realizar así una acción motora. Esta información llega a ser de suma importancia cuando queremos mejorar nuestra performance.

Es un hecho que una acción motora de calidad depende de la capacidad de poder manejar los diferentes estímulos somatosensoriales envueltos en la propiocepción, esto se debe a que la propiocepción está involucrada en el

timing, la coordinación, la sensación de posición, velocidad, detección del movimiento y la fuerza (Ribeiro & Oliveira, 2008) , es por eso que es de suma importancia desenvolver una propiocepción de calidad ya que a nivel deportivo, tener una acción motora (técnica) adecuada puede llegar a ser un favor muy importante al momento de querer realizar un gesto técnico.

Así mismo el tener una propiocepción adecuada nos va a ayudar a poder prevenir lesiones, ya que esta también está asociada al equilibrio,, y es sabido también que esta se va deteriorando con la edad (Ribeiro & Oliveira, 2011) por lo cual esta debe de ser entrenada para atenuar su disminución por causa de la fatiga y la edad (Ribeiro, Gonçalves, et al., 2008; Ribeiro & Oliveira, 2008, 2011; Ribeiro, Santos, et al., 2008), pues es sabido que tener una técnica o movimiento inadecuado puede sobrecargar las articulaciones o músculos pudiendo llevar a lesiones (Riva et al., 2016), por lo que es muy importante observar estos aspecto desde las primeras fases del aprendizaje.

### **3. Factores que influencias en la propiocepción**

La propiocepción es una capacidad compleja la cual puede ser influenciada ya sea de manera positiva o negativa, así como de forma aguda o crónica. Por eso a continuación hablaremos de algunos factores que pueden influenciar en la propiocepción como lo es el calentamiento o la fática.

#### **Calentamiento**

Es conocido que el calentamiento mejorar diferentes aspectos a nivel fisiológico, donde podemos encontrar una reducción de la rigidez muscular, mejorar el funcionamiento elástico viscoso de las estructuras que rodean las articulaciones, aumenta la conducción neuronal como su velocidad, mejorar la eficiencia metabólica, aumentar la flexibilidad muscular y tendinosa, temperatura muscular, el flujo sanguíneo periférico y la coordinación del



movimiento, todos estos beneficios del calentamiento son de mucha importancia para poder desarrollar una actividad física de una manera más adecuada (Ribeiro & Oliveira, 2011).

Así mismo debemos destacar que está demostrado que el calentamiento mejorara, gracias a lo expresado anteriormente, nuestra performance física-motora, llevan al cuerpo a alcanzar valores más elevados en gran parte de las pruebas en la que comúnmente se evalúan las capacidades físicas de los deportistas, por tanto llega a ser de mucha importancia para mejorar nuestras capacidades físicas en la mayoría de los casos realizar un correcto calentamiento comenzando con actividades aeróbicas, seguidas por ejercicios de estiramiento y finalizando con actividades semejantes a las que se realizaran propiamente en la actividad física (Fradkin et al., 2010).

En vista de que la propiocepción tiene un papel fundamental en el control de la posición articular de forma consiente e inconsciente, la coordinación motora, el aprendizaje motor, la prevención de lesiones, es muy importante poder mejorar su rendimiento. Existen estudios que observaron justamente el desempeño de la propiocepción luego de un calentamiento, llegando a la conclusión que el calentamiento puede llegar a mejorar la propiocepción y por tanto dando una mayor importancia al calentamiento (Bartlett & Warren, 2002; Magalhaes et al., 2010; Salgado et al., 2015; Subasi et al., 2008), debido justamente que la propiocepción controla lo anteriormente descrito, que mejor que poder contar con una propiocepción aumentada.

**Tabla 1.-** Resultados de diferentes estudios en relación al efecto del calentamiento sobre la propiocepción.

Autor	Articulación evaluada	Método e instrumento de evaluación	Angulo objetivo	Protocolo de calentamiento (tiempo)	Resultados EAA* (°)	
					Pre	Post
(Bartlett & Warren, 2002)	Rodilla	Pasiva / Electro-goniómetro	Entre 0° y 60°	Calentamiento de 4 min (correr y alongamientos)	10.6	8.21
(Magalhaes et al., 2010)	Rodilla	Activa / Análisis de video	40° y 60°	Calentamiento de 10 min (correr, saltos alongamientos)	3.4	1.8
(Salgado et al., 2015)	Rodilla	Activa / Análisis de video	40° y 60°	Calentamiento estándar de futbol de 25 min	4.1	2.2
(Subasi et al., 2008)	Rodilla	Pasivo / Goniómetro digital	15° , 30° y 60°	Calentamiento de 5 min	3.17	0.59
				Calentamiento de 10 min	2.32	0.64

\* EAA : error angular absoluto.

Como se puede apreciar en la tabla 1 el efecto del calentamiento tiende a disminuir el error en la sensación de la posición articular, llevando así a una mejoría de esta, la cual como ya fue descrita es beneficiosa para el aumento de la performance y la prevención de lesiones.

## Fatiga

La fatiga muscular es definida como la incapacidad para generar fuerza o potencia, conduciendo la incapacidad para mantener una cierta intensidad de ejercicio (Gandevia, 2001). De hecho, durante y luego del ejercicio intenso ocurre la reducción de la fuerza muscular , el rango de movimiento articular y estabilidad de la articulación, por lo que se puede llegar a apreciar torpeza en los movimientos que exigen una alta precisión, lo cual reduce la performance.

Comúnmente cuando nos referimos a la fatiga es necesario diferenciar dos tipos de esta, ya que la contracción muscular se originan en el Sistema

Nervioso Central (SNC) finalizando en el sistema musculo esquelético y esta puede resultar de la alteración de cualquier de estos procesos (Chicharro & Vaquero, 2006) y por tal razón esta puede ser referida en:

- **Fatiga central:** es referida cuando las unidades motoras no pueden ser reclutadas ni activadas a una intensidad máxima, esta fatiga ocurre más a nivel cortical y sub-cortical, así mismo esta puede ser causada por un feed back sensorial que inhibe la tasa de descargar de motoneuronas durante la fatiga. Este mecanismo de feed back es causador por los mecanorreceptores, denominadamente los fusos neuromusculares, los órganos tendinosos de Golgi o terminaciones nerviosas III y IV, las cuales parecen ser más sensibles a la acumulación de algunos metabolitos a nivel muscular, los cuales son generados durante el ejercicio (Ascensão et al., 2003).

- **Fatiga periferia:** esta es referido cuando ocurre una discusión de la eficiencia de la capacidad contráctil de las unidades motoras. Las principales causas para estas perdida de eficiencia es la alteración de pH, la temperatura, el flujo sanguíneo, la acumulación de productos del metabolismo celular, la perdida de la homeostasis de los iones de calcio, una lesión muscular local y por la alteración cinética de algunos iones en los medios intra y extracelulares, denominados, sodio, cloro, potasio y magnesio (Ribeiro & Oliveira, 2008).

En términos de propiocepción existen diversos estudios que aseguran que la propiocepción puede verse disminuida luego de estímulos de fatiga, aumentando significativamente el error en la reposición articular (Ribeiro, Gonçalves, et al., 2008; Ribeiro et al., 2007; Ribeiro, Santos, et al., 2008; Salgado et al., 2015). Dichos estudios la mayoría son realizados en la articulación de la rodilla y realizando una reposición activa, para así tener en cuenta los mecanorreceptores musculares, sin embargo, existen estudios con resultados contrarios a los mencionados anteriormente (Gurney et al., 2000; Marks & Quinney, 1993), llegando a la conclusión que la fatiga no llega a afectar directamente la propiocepción.

**Tabla 2.-** Resultados de diferentes estudios en relación al efecto de la fatiga de sobre la propiocepción.

Autor	Articulación evaluada	Método e instrumento de evaluación	Angulo objetivo	Protocolo de fatiga	Resultados EAA* (°)	
					pre	post
(Gurney et al., 2000)	Tobillo	Pasiva / Dinamómetro isocinético	20°	43 contracciones concéntricas plantar/dorsiflexión (90° /s)	4.18	3.67
(Ribeiro et al., 2007)	Rodilla	Activa / Análisis de video	40° y 60°	30 contracciones máximas concéntricas (120°/s)	5.6	8.16
(Ribeiro, Santos, et al., 2008)	Rodilla	Activa / Análisis de video	40° y 60°	Simulación de competencia (vóley 5 sets)	1.33	3.44
(Ribeiro, Gonçalves, et al., 2008)	Hombro	Activa / Dinamómetro isocinético	30° y 45°	Simulación de movimiento hasta la fatiga (percepción mínima de 15 en la escala de Borg)	2.53	3.46
(Ribeiro et al., 2011)	Rodilla	Activa / Dinamómetro isocinético	60°	30 contracciones concéntricas máximas (180°/s)	2.0	3.5
(Salgado et al., 2015)	Rodilla	Activa / Análisis de video	40° y 60°	Juego competitivo de futbol (90 min)	2.2	8.7

\* EAA : error angular absoluto.

En la tabla 2 podemos observar que los estudios utilizaron procesos diferentes para generar la fatiga, podemos encontrar estudios que utilizaron una maquina isocinética y otros que utilizaron situaciones específicas de una modalidad deportiva, intentando reproducir la acción motora a la que normalmente están habituados, lo cual puede llegar a ser la razón de que exista variedad en los resultados, así mismo es presumible que estos estímulos busquen fatigar la masa muscular por lo que se presume que la disminución de la SPA es causada por la disminución de la efectividad de los mecanorreceptores musculares.

#### **4. Métodos de evaluación de la propiocepción**

Existen diferentes formas de poder evaluar la propiocepción, en la que más comúnmente podemos observar la medición del sentido de posición y el sentido de movimiento articular. Sin embargo, al existir diferentes modalidades de la propiocepción, las cuales pueden ser evaluadas, es importante definir el objetivo de la evaluación en relación a estas modalidades, pues cada una tiene sus particularidades y hablaremos de ellas más adelante.

También podemos observar que existen diferentes metodologías para poder llevar a cabo la evaluación de la propiocepción, estas pueden ser de forma pasiva o activa, siendo la pasiva en la que el movimiento es auxiliado y la activa en la que el sujeto desempeña el movimiento de forma voluntaria. En estas evaluaciones normalmente los sujetos son vendados para poder evitar una retroalimentación visual de la posición del segmento. Estas evaluaciones pueden también ser llevadas a cabo en cadena cinética abierta o cerrada, también como pueden ser evaluadas de forma ipsilateral o contralateral (Ribeiro & Oliveira, 2011).

Así mismo debemos recalcar que existe una diferencia entre la evaluación pasiva y activa, donde se atribuye una mayor incidencia a los mecanorreceptores musculares cuando esta es evaluada de forma activa y a los mecanorreceptores articulares cuando es evaluada de forma pasiva sin embargo ninguna de estas evalúa únicamente a dichos mecanorreceptores, lo que se observa es una predominancia en la solicitud de estos (Ribeiro & Oliveira, 2008).

Por otro lado está descrito que cuando queremos evaluar la SPA debemos tener en cuenta el ángulo que queremos evaluar pues cuando utilizamos ángulos más próximos al límite del movimiento de la rodilla estaríamos dando una mayor incidencia a los mecanorreceptores articulares mientras que cuando utilizamos ángulos más próximos a la región intermedia del arco de movimiento

estarías dando mayor incidencia a los fusos musculares y a los órganos tendinosos de Golgi. También cabe destacar que el uso de velocidades lentas ( $0.5^\circ/\text{s}$ ) estimulan más los mecanorreceptores articulares, mientras que velocidades más elevadas ( $2^\circ/\text{s}$ ) estimulan más los mecanorreceptores musculares (Ribeiro & Oliveira, 2008).

Dentro de las herramientas o métodos de medición podemos observar el uso de goniómetros, cámaras de video en conjunto con marcadores somáticos, maquinas isocinéticas o indirectamente haciendo uso de escalas analógicas visuales (ver tabla 1 y 2).

Para los protocolos de evaluación comúnmente se define un ángulo objetivo en el cual el segmento tendrá que hacer su reposición, los valores que se tienen como resultados pueden ser observados de diferentes maneras, una de ellas el error absoluto entre la posición objetivo y la posición estimada, también podemos encontrar el error relativo, que es la diferencia aritmética entre la posición objetivo y la posición estimada y por ultimo encontramos la variable angulas de error que es representada por la desviación estándar de las medias de los valores alcanzados en un conjunto de respuestas (Lobato, 2005).

Sabemos que la propiocepción al contar con diferentes modalidades (Ribeiro & Oliveira, 2011), debemos de definir qué es lo que queremos evaluar y dentro de ellas podemos encontrar:

- a) Sensación de tensión esta es evaluada midiendo la capacidad del sujeto de por reproducir magnitudes por un grupo muscular, estos protocolos se llevan a cabo sin retroalimentación visual y con cargas bajas. Esta capacidad de reproducir magnitudes se asocia con el reclutamiento unidades motoras y su frecuencia de disparo. Dicho esto, lo que el evaluador va a cuantificar es la diferencia entre la magnitud objetivo y la producida por el sujeto y así tener noción de que tan exacta puede llegar a ser su sentido de tensión.

- b) Sentido de movimiento: esta se evalúa midiendo el umbral de la detección de movimiento pasivo, este mide la capacidad del sujeto para detectar de forma consiente el momento y la dirección, esta es medida usualmente mediante el uso del dinamómetro isocinético, a velocidades de entre los 0.5 a 2 °/s, para esto el sujeto una vez que tiene la posición objetivo pulsa un disparador que inicia el movimiento y al llegar al ángulo esperado este vuelve a presionar el disparador para detener el movimiento, seguidamente el evaluador registra los resultados.





## **Capítulo 3**



## **Objetivos e hipótesis de estudio**

### **Objetivos**

- I. Describir y comparar el efecto agudo de los cambios que ocurren en la SPA a nivel de la articulación de la rodilla, luego de realizar un protocolo de calentamiento, el cual contiene ejercicios normalmente utilizados en el calentamiento general de distintos deportes que mantienen un contacto con el suelo.
- II. Describir y comparar el efecto agudo de los cambios que ocurren en la SPA a nivel de la articulación de la rodilla, luego de realizar un protocolo de fátiga en contracción concéntrica y excéntrica a nivel del segmento del muslo (cuádriceps).

### **Hipótesis**

- I. Luego de realizar un calentamiento general, la SPA de la rodilla se verá aumentada en relación a la obtenida en reposo.
- II. Una vez realizado el estímulo de fatiga para el cuádriceps, para ambos tipos de contracción la propiocepción de la rodilla se verá disminuida en relación a la propiocepción obtenida luego del calentamiento.
- III. El estímulo de fatiga en contracción concéntrica tendrá mejores valores en la propiocepción en comparación a los de contracción excéntrica.



## Capítulo 4



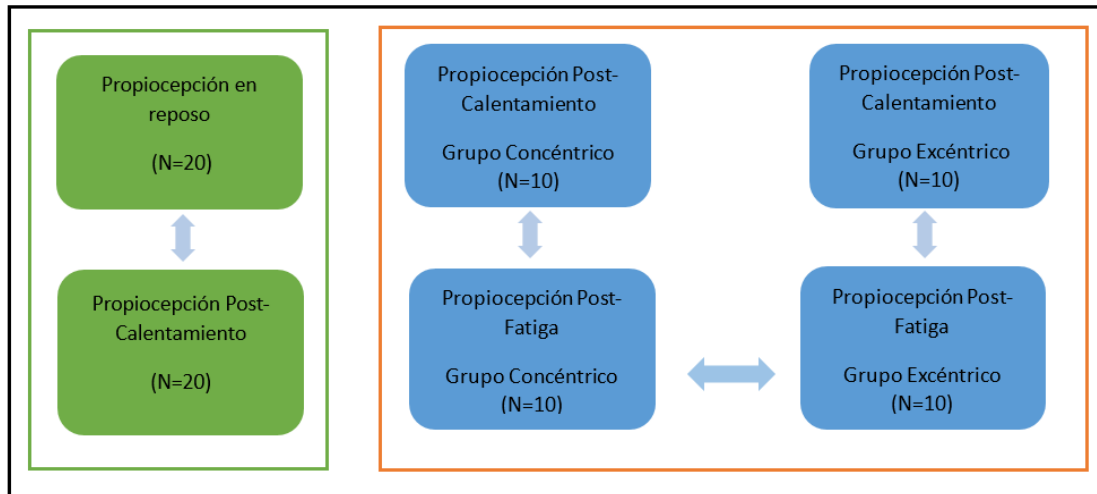
## **Material y métodos**

### **1. Diseño de estudio y procedimientos**

El estudio que soporta la presente Disertación, es de tipo descriptivo y comparativo. Para su realización, fueron reclutados 20 sujetos del sexo masculino. Para participar en el estudio los sujetos de la muestra debieron tener una edad entre los 18 y 22 años de edad, siendo practicantes de ejercicios físico regular por lo menos 3 veces por semana, con volumen semanal en intervalo de por lo menos 180 a 270 minutos, en actividades con desplazamientos y acciones motoras terrestres. Fueron criterios de exclusión, tener una historia reciente de cualquier lesión de los miembros inferiores o en otras regiones corporales que sean un factor de limitación para la realización de los ejercicios. Además de eso, se excluyeron de la participación del estudio los sujetos que reportaron tener en los 6 meses previos al periodo de reclutamiento una historia de lesión en la rodilla o intervención quirúrgica en ese núcleo articular. Adicionalmente, era excluido del estudio quien reportara unan sensación dolorosa en la rodilla en cualquier actividad de deambulaci3n y/o en movimientos de extensi3n/flexi3n de rodilla.

Para la concretizaci3n de los objetivos de estudio, los sujetos efectuaron una visita al laboratorio del do Centro de Investiga33o em Atividade F3sica, Sa3de e Lazer (CIAFEL) da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, donde efectuaron diversas evaluaciones, incluyendo evaluaci3n antropom3trica (talla y peso), evaluaci3n de la propiocepci3n (sensaci3n de la posici3n articular) sin alg3n tipo de calentamiento, evaluaci3n de la propiocepci3n post-calentamiento y luego fueron sometidos al protocolo de ejercicio para inducir fatiga en el grupo del cu3driceps, con acciones musculares conc3ntricas y exc3ntricas. Para esta3l3tima evaluaci3n, los sujetos fueron aleatoriamente divididos en dos grupos, utilizando la aplicaci3n disponible en la web (<https://www.randomizer.org/>).

Ilustración 1.- Estructura de estudio para la comparación de los resultados.



## 2. Procedimientos e instrumentos de estudio

Previamente a la implementación de los protocolos fue realizado un estudio piloto, el cual tuvo como objetivo capacitar a los investigadores y verificar que las evaluaciones se realicen de forma correcta, las cuales serán descritas a continuación:

### 1) Evaluación Antropometría

Las evaluaciones antropométricas (estatura e peso corporal) se realizaron según el procedimiento técnico de mediciones recomendado por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría .

Para la determinación de la **estatura** recurrimos a la utilización de un estadiómetro (SECA 220), con escala de apreciación de 0.10 cm con una amplitud hasta los 210 cm.

El **peso corporal** fue determinado con una balanza electrónica (SECA 220) con capacidad máxima de medición hasta 320 kg, y precisión de 100 gramos.



## 2) Evaluación de la propiocepción

Para la evaluación de la propiocepción utilizamos el Biodex Multi-Joint System el cual es un instrumento que nos permite determinar con exactitud la sensación de posición articular de la rodilla en diferentes ángulos, así como también nos permite inducir localmente la fatiga en los modos de acción muscular concéntrico y excéntrico

Ilustración 2.- Máquina isocinética



El procedimiento usado se basó en los parámetros permitidos por la dinamómetro isocinético Biodex Multi-Joint System en el cual los atletas se colocaron en el dinamómetro y se estabilizaron en la posición de sentado con los cinturones de seguridad pélvico, el pecho y los muslos, con la fosa poplítea situada al menos a 10 cm del respaldo. La articulación de la rodilla de la pierna dominante fue posicionada inicialmente en 90° de flexión y el eje de la articulación alineado con el eje del dinamómetro, para luego realizar una extensión de rodilla y fijar un rango de movimiento de 90°. Más tarde, cada voluntario tubo los ojos vendados, para eliminar la retroalimentación visual.

La prueba comenzó situando la pierna del sujeto por medio del evaluador en el primero de los dos ángulos seleccionados (40° y 60 ° de flexión de la rodilla), dichos ángulos fueron establecidos aleatoriamente para cada sujeto, los cuales se mantendrán en el ángulo objetivo por un tiempo de 15 segundo.

Seguidamente los sujetos realizaron una reposición pasiva a velocidad angular constante de  $2^\circ/\text{s}$ , desde el ángulo de referencia inicial ( $90^\circ$  de flexión) . Así mismo fue solicitado a los sujetos que una vez que se den cuenta del ángulo objetivo probado detengan el movimiento por medio de un disparador manual cuando crean alcanzar la misma posición. Cada sujeto realizó tres reposicionamientos pasivos para cada destino de ángulo, por un total de 6 reposicionamientos.

Todos los sujetos no tuvieron conocimiento de los valores numéricos de los ángulos de destino utilizados.

La noción de posicionamiento articular voluntario de la rodilla fue representada por la media de sus reposicionamientos pasivos (en grados), su error absoluto (en grados) y su error relativo (en porcentaje) para cada ángulo esperado. El error absoluto se puede definir como la diferencia entre la posición de prueba y la respuesta, sin tener en cuenta las tendencias direccionales de sobre o subestimación del ángulo esperado, a diferencia del error relativo, que considera estas tendencias, dando una señal positiva a los valores relacionados con la sobreestimación o superado el ángulo del objetivo y una señal negativa a los relativos a la subestimación de ese ángulo, lo que indica cuánto faltaba para la posición de acercarse a la posición de prueba.

### 3) Protocolo de fatiga

Para el protocolo de fatiga utilizamos nuevamente el Biodex Multi-Joint System el cual nos ayudó a controlar la velocidad, el rango de movimiento ( $90^\circ$ ) y así poder fatigar el cuádriceps de una forma más homogénea.

Para poder relativizar la semejanza de fatiga entre la fatiga concéntrica y la excéntrica utilizamos la escala de Borg (Borg, 1982) y así poder aproximarnos al estado de fatiga muscular que esperamos para ambos tipos de contracción.

#### A. Protocolo de fatiga concéntrica

El protocolo de fatiga concéntrica establecido tuvo como consideración los siguientes aspectos según (Bosquet et al., 2010) el cual nos dice que el sujeto debe estar sentado en el asiento del banco con la espalda reclinada a  $85^\circ$  y se estabiliza mediante correas de los muslos, la pelvis y los hombros. El eje mecánico del dinamómetro se alineó con el eje de la rodilla de rotación, con el cóndilo femoral lateral usado como punto de referencia. La almohadilla de resistencia se ajustó a enfrenar un punto a 3 cm por encima del maléolo lateral. El peso de la pierna se registró y el ajuste de gravedad se realizó utilizando el software del dinamómetro. El rango de movimiento fue de  $90^\circ$  ( $0^\circ$  corresponde a una extensión activa total).

Antes del ensayo, todos los sujetos recibieron la instrucción de realizar el rango de movimiento máximo durante cada contracción y más concretamente para empujar hacia arriba y tirar hacia abajo hasta la parada del dispositivo isocinético. Durante la prueba, se comprobó ese punto y se recordó sistemáticamente esta instrucción. La familiarización con el dinamómetro y la puesta a punto incluyó 3 repeticiones sub-máximas a una velocidad angular de  $90^\circ \text{ s}^{-1}$ .

El protocolo en sí fue realizar 15 contracciones concéntricas máximas, lo más recíprocas que se pueda conseguir, a una velocidad de  $90^\circ$  por segundo y con un rango de movimiento de  $90^\circ$ .

#### B. Protocolo de fatiga Excéntrica

Para el protocolo de fatiga excéntrica optamos por realizar un posicionamiento similar al de fatiga concéntrica, así mismo, optamos por realizar 15 contracciones excéntricas máximas, lo más recíprocas que se pueda conseguir, a una velocidad de  $90^\circ$  por segundo y con un rango de movimiento de  $90^\circ$ .

### 3. Procedimiento estadístico

El estudio realizado fue de tipo **descriptivo y comparativo**. Para el procesamiento hicimos uso de diferentes procesos estadísticos, mediante el uso de los programas informáticos como el Excel, el cual usamos principalmente como una base de datos preliminar y también utilizamos el programa SPSS Statistics 24 con el cual desarrollamos los siguientes test estadísticos: **Test T para medidas independiente**, para la comparación de grupo concéntrico vs excéntrico, así como para los valores de trabajo total, pico de torque, coeficiente de varían, escala de dolor y de los ángulos objetivos. **Test T para medidas repetidas** para la comparación entre los valores de reposo vs calentamiento y calentamiento vs fatiga (concéntrica o excéntrica). (Pereira, 1999).

## Capítulo 5



## Resultados

En la tabla 3 se presentan las características de la muestra de estudio para las variables de edad (años), estatura (cm) y peso corporal (kg).

**Tabla 3.-** Características de la muestra. Los valores presentados son la frecuencia absoluta (N) y la media  $\pm$  desviación estándar.

	Grupo Total		Grupo Concéntrico		Grupo Excéntrico	
	N	Media $\pm$ de	N	Media $\pm$ de	N	Media $\pm$ de
Edad	20	19.5 $\pm$ 1.2	10	19.3 $\pm$ 0.9	10	19.6 $\pm$ 1.5
Estatura	20	178.7 $\pm$ 6	10	177 $\pm$ 4.4	10	179.7 $\pm$ 7.4
Masa corporal	20	74.9 $\pm$ 10.6	10	72 $\pm$ 7	10	77.9 $\pm$ 12.9

A continuación, se presentarán los resultados de la comparación entre las diferentes variables estudiadas, ya sea en función del grupo total, grupo concéntrico y/o grupo excéntrico.

En la tabla 4 se presenta la comparación de las medias de los valores para el grupo post-fatiga concéntrica y post-fatiga excéntrica, de las variables: trabajo total, pico de torque, coeficiente de variación y escala de dolor.

**Tabla 4.-** Comparación de medias entre los valores de trabajo total, pico de torque, coeficiente de variación y escala de dolor, para el estímulo concéntrico y excéntrico.

	Media $\pm$ de	Mín - Máx	T	p
Trabajo Total G. Concéntrico	2592.5 $\pm$ 594.4	1568.4 - 3399.9	0.582	0.568
Trabajo Total G. Excéntrico	2408.4 $\pm$ 805.2	930 - 3572		
Pico de torque G. Concéntrico	266.4 $\pm$ 54.1	155.5 - 339.2	-2.476	0.023
Pico de torque G. Excéntrico	328.3 $\pm$ 57.5	246.9 - 422.5		
Coef. Variación G. Concéntrico	12.1 $\pm$ 5.2	5.3 - 20.1	-2.314	0.038
Coef. Variación G. Excéntrico	20.9 $\pm$ 10.9	9.3 - 36.5		
Esc. Dolor G. Concéntrico	7.6 $\pm$ 0.5	7 - 8	0.264	0.795
Esc. Dolor G. Excéntrico	7.5 $\pm$ 1.1	5 - 9		

En la Tabla 4 podemos observar los valores para el trabajo total concéntrico y excéntrico con una media de  $2592.5 \pm 594.4$  y  $2408.4 \pm 805.2$  respectivamente, en los valores para pico de torque concéntrico y excéntrico, observamos una media de  $266.4 \pm 54.1$  y  $328.3 \pm 57.5$  respectivamente, para los valores de coeficiente de variación concéntrico y excéntrico encontramos una media de  $12.1 \pm 5.2$  y  $20.9 \pm 10.9$  respectivamente y para la variable de dolor concéntrico y excéntrico podemos observar una media de  $7.6 \pm 0.5$  y  $7.5 \pm 1.1$  respectivamente. Al comparar las medias entre los valores de cada variable podemos observar que se encuentran diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en las variables pico de torque, con una media mayor para el pico de toque excéntrico, así mismo encontramos diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) para la variable coeficiente de variación, con una media mayor para el coeficiente de variación excéntrico.

En la Tabla 5 se presentan los valores de las medias del error angular absoluto, desviación estándar (de), resultados del test estadístico ( $t$ ) y valores de prueba ( $p$ ), para el grupo total, luego de realizar la comparación de las medias de los valores de reposo con los de post-calentamiento, en los ángulos de  $40^\circ$  y  $60^\circ$ .

**Tabla 5.-** Comparación de medias del error angular absoluto entre los momentos de reposo y post-calentamiento.

	Media $\pm$ de	T	p
Reposo $40^\circ$	$8.5 \pm 4.4$	2.403	0.027
Post-Calentamiento $40^\circ$	$6.1 \pm 4.2$		
Reposo $60^\circ$	$5.7 \pm 2.7$	1.993	0.061
Post-Calentamiento $60^\circ$	$4.4 \pm 2.5$		

En la Tabla 5 podemos observar que valores medios del error angular absoluto a  $40^\circ$  y  $60^\circ$  disminuyeron de la condición de reposo para la condición de post-calentamiento, aunque apenas con significativa estadística ( $p < 0.05$ ) para la posición objetivo de  $40^\circ$ .



En la Tabla 6 se presentan los resultados del error angular absoluto para el grupo concéntrico, en las condiciones post-calentamiento y post-fatiga concéntrica, en los ángulos de 40° y 60°.

**Tabla 6.-** Comparación de medias de medias del error angular absoluto entre los momentos post-calentamiento y post-fatiga concéntrica.

	Media $\pm$ de	T	p
Post-Calentamiento 40 °	4.8 $\pm$ 3	-0.854	0.415
Post-Fatiga Concéntrica 40°	6.1 $\pm$ 3.9		
Post-Calentamiento 60 °	4.1 $\pm$ 3.2	1.006	0.341
Post-Fatiga Concéntrica 60	3.1 $\pm$ 1.6		

En la tabla 6 se puede observar que el error angular absoluto aumento en la condición de Post-fatiga, cuando es comparada con la registrada la posición post-calentamiento, para la posición objetivo de 40°. Para la posición objetivo de 60° los valores medios Post-fatiga concéntrica fueron inferiores a los registrados en la condición Post-calentamiento. Sin embargo los cambios registrado entre las dos condiciones y en ambas posiciones objetivo (40° y 60°) no alcanzan una significación estadística ( $p > 0.05$ ).

En la Tabla 7 se presentan los valores del error angular absoluto para el grupo excéntrico, en las condiciones Post-calentamiento y Post-fatiga excéntrica, en los ángulos objetivos de 40° y 60°.

**Tabla 7.-** Comparación de medias del error angular absoluto entre los momentos post-calentamiento y post-fatiga excéntrica.

	Media $\pm$ de	T	p
Post-Calentamiento 40 °	7.4 $\pm$ 4.9	0.389	0.707
Post-Fatiga Excéntrica 40°	6.9 $\pm$ 2.7		
Post-Calentamiento 60 °	4.6 $\pm$ 1.8	0.768	0.462
Post-Fatiga Excéntrica 60	3.9 $\pm$ 2.1		

En la tabla 7 Para ambos ángulos objetivo (40° y 60°) se verifico una disminución de los valores medios del error angular absoluto de la condición Post-calentamiento para la condición Post-Fatiga, sin que las diferencias de las medias fueran significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

En la Tabla 8 se presentan y comparan entre los modos concéntrico e excéntrico, los valores de las medias del error angular absoluto obtenidos en la condición Post-Fatiga, en los ángulos de 40° y 60°.

**Tabla 8-** Comparación de medias del error angular absoluto entre los valores post-fatiga concéntrica y post-fatiga excéntrica.

	Media $\pm$ de	T	p
Post-Fatiga Concéntrica 40°	6.1 $\pm$ 3.9	-0.498	0.625
Post-Fatiga Excéntrica 40 °	6.9 $\pm$ 2.7		
Post-Fatiga Concéntrica 60°	3.1 $\pm$ 1.6	-1.061	0.303
Post-Fatiga Excéntrica 60 °	3.9 $\pm$ 2.1		

En la tabla 8 podemos observar los valores de la post-fatiga excéntrica a 40° y 60° fueron más elevados de los registrados para los mismos ángulos objetivo en modo concéntrico, pero las diferencias de las medias no fue estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ).

En la tabla 9 se presentan y comparan los valores del error angular absoluto entre los ángulos 40° y 60°, de las variables reposo, post-calentamiento, post-fatiga concéntrica y post-fatiga excéntrica.

**Tabla 9-** Comparación de medias entre los valores del error angular absoluto de los ángulos 40° y 60° para las condiciones de reposo, post-calentamiento, post-fatiga concéntrica y post-fatiga excéntrica.

	N	Media $\pm$ de	T	p
Reposo 40°	20	8.5 $\pm$ 4.4	2.471	0.019
Reposo 60°	20	5.7 $\pm$ 2.7		
Post-Calentamiento 40°	20	6.1 $\pm$ 4.2	1.644	0.110
Post-Calentamiento 60°	20	4.4 $\pm$ 2.5		
Post-Fatiga Concéntrica 40°	10	6.1 $\pm$ 3.9	2.299	0.040
Post-Fatiga Concéntrica 60°	10	3.1 $\pm$ 1.6		
Post-Fatiga Excéntrica 40°	10	6.9 $\pm$ 2.7	2.721	0.014
Post-Fatiga Excéntrica 60°	10	3.9 $\pm$ 2.1		

En la table 9 podemos observar que en cualquiera de las condiciones y del modo de acción muscular, los valores medios del error angular absoluto siempre fueron inferiores en el ángulo objetivo de 60°, siendo las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en las condiciones de reposo y post-fatiga (concéntrica y excéntrica).

A continuación y de forma complementar al estudio se presentan los gráficos 1 y 2 de los porcentajes de error angular relativo para cada ángulo en las diferentes situaciones expuestas.

Gráfico 1.- Porcentajes de error relativo para la propiocepción del ángulo de 40°.

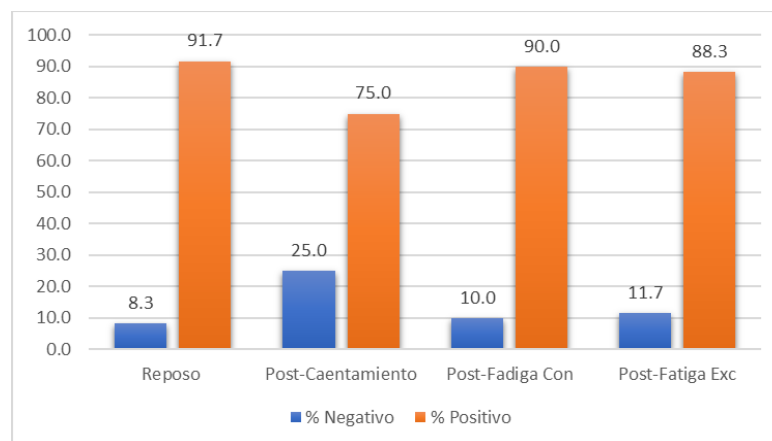
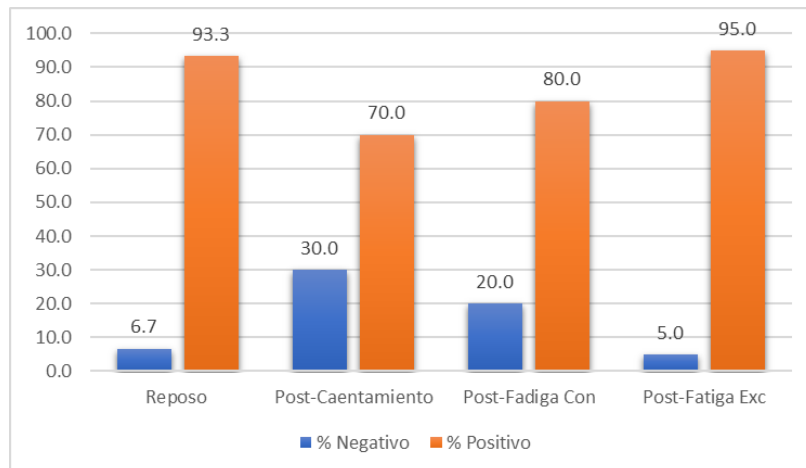


Gráfico 2.- Porcentajes de error relativo para la propiocepción del ángulo de 60°.



Podemos observar en los gráficos 1 y 2 que en todos los casos existe un porcentaje mayor en el error positivo al momento de realizar el reposicionamiento de la rodilla tanto en el ángulo de 40° y 60°. Al mismo tiempo podemos observar que el error negativo aumenta luego de realizar el calentamiento, esto ocurre ya sea en ángulo de 40° ó 60°. Por último podemos destacar que el error positivo aumenta en situaciones de fatiga, ya sea de forma concéntrica o excéntrica.

## Capítulo 6



## Discusión

En este capítulo vamos a realizar una interpretación de los resultados más relevantes y que van en función con el objetivo de estudio el cual es analizar el efecto agudo del calentamiento y fatiga en la propiocepción de la rodilla.

Podemos observar que luego de realizar el calentamiento hay una mejoría de la sensación de posición articular (disminución del error angular absoluto) en comparación a la obtenida en reposo, significativa ( $p < 0.05$ ) para en el ángulo de  $40^\circ$ , así mismo mostro una mejora de la media para el ángulo de  $60^\circ$ , pero sin diferencia estadísticamente significativa para los valores de reposo. Estos resultados, en general, concuerdan los obtenidos en otras investigaciones (Bartlett & Warren, 2002; Magalhaes et al., 2010; Salgado et al., 2015; Subasi et al., 2008). Como ya fue explicado anteriormente el calentamiento tiene beneficios sobre la performance (Fradkin et al., 2010) ya que mejora diferentes componente que están involucrados en el movimiento, reducción de la rigidez muscular, mejorar el funcionamiento elástico viscoso de las estructuras que rodean las articulaciones, aumenta la conducción neuronal como su velocidad, mejorar la eficiencia metabólica, aumenta la flexibilidad muscular y tendinosa, la temperatura muscular, el flujo sanguíneo periférico y la coordinación del movimiento, siendo también uno de ellos la activación o excitación de los mecanorreceptores, mejorando así la transferencia de información para tener una mejor sensación de posición articular (Ribeiro & Oliveira, 2011), por lo que es de esperar que con todos estos beneficios la SPA sea mejorada.

El efecto agudo de un ejercicio intenso para promover la fatiga, no indujo alteraciones significativas ( $p > 0,05$ ) en la sensación de posición articular, a pesar de que se observó un aumento del EAA, cuando fue evaluado en contracción concéntrica para el ángulo de  $40^\circ$ . Estos resultados son contradictorios a los de otras investigaciones (Ribeiro, Gonçalves, et al., 2008; Ribeiro et al., 2007; Ribeiro, Santos, et al., 2008; Salgado et al., 2015; Torres et al., 2010), pues es de esperar que independientemente del ángulo objetivo y

del modo de contracción, luego del ejercicio ocurriera un aumento significativo del EAA . Siendo así, nuestros resultados parecen sugerir que los protocolos de ejercicios en ambos modos de contracción no fueron lo suficientemente fatigantes como para inducir en los mecanorreceptores una alteración importante de su función. Por otro lado, el dolor percibido luego del ejercicio en los dos modos de acción muscular también fue semejante, por lo que podrá significar que el protocolo de excéntrico no fue lo suficientemente agresivo para poder distinguirse del concéntrico en la agresión de los músculos ejercitados y de la función propioceptiva, pues esta descrito que esta acción muscular conlleva una mayor sensación de dolor (Iguchi & Shields, 2010). A pesar de eso, los valores del EAA luego del ejercicio excéntrico fueron siempre más elevados de los alcanzados en ejercicio concéntrico, a pesar de no obtener diferencias significativas, lo que sugiere una tendencia para una mayor agresión al sistema neuromuscular cuando el ejercicio es realizado en modo excéntrico como es señalado por diferentes autores (Gonzalez-Izal et al., 2014; Grabiner & Owings, 1999; Molinari et al., 2006).

Por último cuando observamos el coeficiente de variación medias en el ejercicio excéntrico en comparación a los del estímulo concéntrico, se verifican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Esto puede significar un menor grado de familiarización con el modo de realización del ejercicio excéntrico, particularmente cuando este es realizado en el dinamómetro isocínético, y consecuentemente llevar a variaciones de intensidad (nivel de fuerza producido), que podrán haber repercutido en el nivel de fatiga y de la magnitud del EAA.

De forma complementar al estudio, cuando observamos los resultados de la comparación entre los ángulos 40° y 60° para cada estímulo, podemos observar que existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) a favor del ángulo de 60° para el momento reposo, fatiga concéntrica y excéntrica. Estos resultados dan a apreciar que el ángulo de 40° puede llegar a obtener un mayor error absoluto y que el calentamiento ayuda también a reducir las



diferencias que puedan existir entre dichos ángulos. esta variabilidad puede ser explicada con lo descrito en la literatura cuando hablamos de que los ángulos más próximos al límite del movimiento tienden a tener una predominancia mayor a los mecanorreceptores articulares (Ribeiro & Oliveira, 2008), por lo que hay que considerar dicha variabilidad cuando busquemos desenvolver algún programa de entrenamiento.

Así mismo en los gráficos del porcentaje de error relativo observamos que luego del calentamiento aumenta el porcentaje de error negativo, reduciendo la diferencia entre el error positivo y negativo, esto podría reflejar que el calentamiento crea un mejor equilibrio entre los reposicionamientos de la rodilla tanto a 40° y 60°, lo cual concuerda con los resultados obtenidos al comparar los valores absolutos entre los valores de reposo y calentamiento.

### **Limitaciones de estudio**

Es necesario poder tener en cuenta que el estudio tuvo diversas limitaciones. La muestra del presente estudio fue reducida y del mismo sexo. Para la evaluación de la fatiga, apenas fueron utilizados indicadores subjetivos y solo en el final del protocolo de fatiga. Mediciones del dolor percibido y de la fuerza en la parte inicial y final de los protocolos nos hubiera permitido, de forma más clara, evaluar las repercusiones agudas del ejercicio. Otra limitación se deriva del hecho de que la SPA ha sido evaluada pasivamente lo que puede no corresponder cabalmente a la realidad de las alteraciones inducidas por el ejercicio dinámico voluntario.

### **Sugerencias para próximas investigaciones**

El estudio de la propiocepción es un área compleja, por lo que creemos necesario realizar más investigaciones, las cuales deben de contar con muestras más amplias y que incluyan a ambos sexos. Creemos también que se debe de replicar esta investigación contando también con una evaluación

activa para así poder observar la diferencia en el efecto agudo de estímulos concéntricos y excéntricos, para así tener más en cuenta los mecanorreceptores musculares y poder compararlos cuando realizamos una evaluación pasiva. Por último, podemos sugerir que estos estudios también cuenten con evaluaciones en deportes específicos para así poder llegar a conclusiones aún más relevantes.

## Capítulo 7



## **Conclusiones**

Teniendo en cuenta los objetivos de nuestro estudio podemos llegar a considerar siguientes conclusiones:

1. El ejercicio de calentamiento mejora la SPA.
2. Los protocolos de ejercicio concéntrico y excéntrico, no fueron lo suficientemente intensos para inducir una fatiga neuromuscular con importante repercusión en el aumento del EAA como indicador de la SPA.



## Capítulo 8





## Bibliografia

- Aarseth, L. M., Suprak, D. N., Chalmers, G. R., Lyon, L., & Dahlquist, D. T. (2015). Kinesio Tape and Shoulder-Joint Position Sense. *Journal of Athletic Training*, 50(8), 785-791.
- Ascensão, A., Magalhães, J., Oliveira, J., Duarte, J., & Soares, J. (2003). Fisiologia da fadiga muscular : Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 3(1), 108 - 123.
- Bartlett, M. J., & Warren, P. J. (2002). Effect of warming up on knee proprioception before sporting activity. *British Journal of Sports Medicine*, 36(2), 132-134.
- Bishop, D. (2003). Warm up II: Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(7), 483-498.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Bosquet, L., Maquet, D., Forthomme, B., Nowak, N., Lehance, C., & Croisier, J. L. (2010). Effect of the lengthening of the protocol on the reliability of muscle fatigue indicators. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 82-88.
- Bouet, V., & Gahery, Y. (2000). Muscular exercise improves knee position sense in humans. *Neuroscience Letters*, 289(2), 143-146.
- Brockett, C., Warren, N., Gregory, J. E., Morgan, D. L., & Proske, U. (1997). A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. *Brain Research*, 771(2), 251-258.
- Chicharro, J. L., & Vaquero, A. F. (2006). *Fisiologia del ejercicio*: Editorial Medica Panamericana Sa de.
- Collins, A. T., Blackburn, J. T., Olcott, C. W., Dirschl, D. R., & Weinhold, P. S. (2009). The effects of stochastic resonance electrical stimulation and

- neoprene sleeve on knee proprioception. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 4, 3.
- El-Gohary, T. M., Khaled, O. A., Ibrahim, S. R., Alshenqiti, A. M., & Ibrahim, M. I. (2016). Effect of proprioception cross training on repositioning accuracy and balance among healthy individuals. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(11), 3178-3182.
- Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 140-148.
- Fullam, K., Caulfield, B., Coughlan, G. F., McGroarty, M., & Delahunt, E. (2015). Dynamic Postural-Stability Deficits After Cryotherapy to the Ankle Joint. *Journal of Athletic Training*, 50(9), 893-904.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725-1789.
- Gescheit, D. T., Cormack, S. J., Duffield, R., Kovalchik, S., Wood, T. O., Omizzolo, M., & Reid, M. (2017). Injury epidemiology of tennis players at the 2011-2016 Australian Open Grand Slam. *British Journal of Sports Medicine*.
- Gonzalez-Izal, M., Lusa Cadore, E., & Izquierdo, M. (2014). Muscle conduction velocity, surface electromyography variables, and echo intensity during concentric and eccentric fatigue. *Muscle & Nerve*, 49(3), 389-397.
- Grabiner, M. D., & Owings, T. M. (1999). Effects of eccentrically and concentrically induced unilateral fatigue on the involved and uninvolved limbs. *Journal of Electromyography and Kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 9(3), 185-189.
- Gurney, B., Milani, J., & Pedersen, M. E. (2000). Role of fatigue on proprioception of the ankle. *Journal of Exercise Physiology*, 3(1), 20-28.
- Hiemstra, L. A., Lo, I. K., & Fowler, P. J. (2001). Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 31(10), 598-605.

- Iguchi, M., & Shields, R. K. (2010). Quadriceps low-frequency fatigue and muscle pain are contraction-type-dependent. *Muscle & Nerve*, 42(2), 230-238.
- Lobato, D., Santos, G. M., Coqueiro, K., Mattiello-Rosa, S., Terruggi-Junior, A., Bevilaqua-Grossi, D., Mattiello-Sverzut, A., Bérzin, F., Soares, A., & Monteiro-Pedro, V. (2005). Avaliação da propriocepção do joelho em indivíduos portadores de disfunção femoropatelar. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 9(1), 57-62.
- Magalhaes, T., Ribeiro, F., Pinheiro, A., & Oliveira, J. (2010). Warming-up before sporting activity improves knee position sense. *Physical Therapy in Sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 11(3), 86-90.
- Malliou, V. J., Beneka, A. G., Giftofidou, A. F., Malliou, P. K., Kallistratos, E., Pafis, G. K., Katsikas, C. A., & Douvis, S. (2010). Young tennis players and balance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 389-393.
- Marks, R., & Quinney, H. A. (1993). Effect of fatiguing maximal isokinetic quadriceps contractions on ability to estimate knee-position. *Perceptual and Motor Skills*, 77(3 Pt 2), 1195-1202.
- Molinari, F., Knaflitz, M., Bonato, P., & Actis, M. V. (2006). Electrical manifestations of muscle fatigue during concentric and eccentric isokinetic knee flexion-extension movements. *IEEE Transactions on Bio-medical Engineering*, 53(7), 1309-1316.
- Paschalis, V., Nikolaidis, M. G., Giakas, G., Jamurtas, A. Z., Pappas, A., & Koutedakis, Y. (2007). The effect of eccentric exercise on position sense and joint reaction angle of the lower limbs. *Muscle & Nerve*, 35(4), 496-503.
- Pereira, A. (1999). *Guia prático de utilização do SPSS: análise de dados para ciências sociais e psicologia*: SILABO.
- Proske, U., Weerakkody, N. S., Percival, P., Morgan, D. L., Gregory, J. E., & Canny, B. J. (2003). Force-matching errors after eccentric exercise

- attributed to muscle soreness. *Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology*, 30(8), 576-579.
- Ribeiro, F., Gonçalves, G., Venâncio, J., & Oliveira, J. (2008). A fadiga muscular diminui a sensação de posição do ombro em andebolistas. / Skeletal-muscle fatigue decreases shoulder position sense in handball players. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 8(2), 271-276.
- Ribeiro, F., Mota, J., & Oliveira, J. (2007). Effect of exercise-induced fatigue on position sense of the knee in the elderly. *European Journal of Applied Physiology*, 99(4), 379-385.
- Ribeiro, F., & Oliveira, J. (2007). Aging effects on joint proprioception: The role of physical activity in proprioception preservation. *European Review of Aging and Physical Activity*, 4(2), 71-71-76.
- Ribeiro, F., & Oliveira, J. (2008). Effects of local muscular fatigue in the knee joint proprioception. *Fisioterapia em Movimento*, 21(2), 71-83.
- Ribeiro, F., & Oliveira, J. (2011). Factors influencing proprioception: What do they reveal? In I. V. Klika (Ed.), *Biomechanics in applications* (pp. 323-346): InTech.
- Ribeiro, F., Santos, F., Gonçalves, P., & Oliveira, J. (2008). Effects of volleyball match-induced fatigue on knee joint position sense. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 397-402.
- Ribeiro, F., Venâncio, J., Oliveira, J., & Quintas, P. (2011). The effect of fatigue on knee position sense is not dependent upon the muscle group fatigued. *Muscle & Nerve*, 44(2), 217-220.
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part I: The physiologic basis of functional joint stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 71-79.
- Riva, D., Bianchi, R., Rocca, F., & Mamo, C. (2016). Proprioceptive training and injury prevention in a professional men's basketball team: A six-year prospective study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 461-475.

- Salgado, E., Ribeiro, F., & Oliveira, J. (2015). Joint-position sense is altered by football pre-participation warm-up exercise and match induced fatigue. *The Knee*, 22(3), 243-248.
- Saxton, J. M., Clarkson, P. M., James, R., Miles, M., Westerfer, M., Clark, S., & Donnelly, A. E. (1995). Neuromuscular dysfunction following eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(8), 1185-1193.
- Sherrington, C. (1910). *The Integrative Action of the Nervous System*: The University Press.
- Subasi, S. S., Gelecek, N., & Aksakoglu, G. (2008). Effects of different warm-up periods on knee proprioception and balance in healthy young individuals. *Journal of Sport Rehabilitation*, 17(2), 186-205.
- Torres, R., Vasques, J., Duarte, J. A., & Cabri, J. M. (2010). Knee proprioception after exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, 31(6), 410-415.
- Wang, H., Ji, Z., Jiang, G., Liu, W., & Jiao, X. (2016). Correlation among proprioception, muscle strength, and balance. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(12), 3468-3472.











## Anexos

### Anexo 1. - Ficha para avaliação antropométrica.

Universidade do Porto - FADEUP										Avaliação Antropométrica									
Nome Completo:										Código N°									
Idade:				Desporto:				Sexo:		Feminino O Masculino O									
		Dia		Mês		Ano													
Data da avaliação:						2		0		1		7		Faculdade					
Data da Nascimento:										Morada (cidade)									
Medidas básicas		1ra medida				2da medida				media				Tolerância					
1	Altura																3.0 mm		
2	Peso corporal																0,5 kg.		
Observações:																			
E-mail:										Telemóvel:									

## Anexo 2. - Protocolo de calentamiento

Para este protocolo hemos seleccionado una serie de ejercicios los cuales son habitualmente utilizados en la mayoría de deportes, desde un punto de vista del calentamiento general, este cuenta con ejercicios variados y acondicionados a una situación real de calentamiento general.

Ejercicios		Tiempo
1.- Corrida lenta (10 mt)		1'
2.- Salpico con apertura de brazos rotación hacia adelante y atrás + apertura de brazos + moviemietnos hacia arriba y abajo		1'
3.- Elevación de rodillas + taloneo + rodilla al pecho + gemelos		30"
4.- Abducción y aducción de las piernas en rotación + elevaciones hacia adelante y atrás + abducción y aducción de pierna continua		30"
5.- Agachamientos con rotación de tronco		30"
6.- Saltos en diagonal + propiocepción		1'
7.- Movilidad de pies a velocidad		30"
8.- Salto hacia el frente + sprint cortos		1'
Total		6